

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 10 月 2 日 (02.10.2003)

PCT

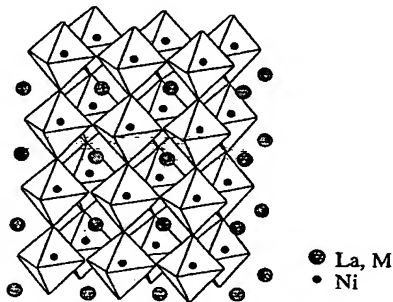
(10) 国際公開番号  
WO 03/081686 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 35/22 TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒100-8921 東京都千代田区霞が関一丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/02827
- (22) 国際出願日: 2003 年 3 月 11 日 (11.03.2003) (72) 発明者; および
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 舟橋 良次 (FUNAHASHI, Ryoji) [JP/JP]; 〒563-8577 大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行政法人産業技術総合研究所 関西センター内 Osaka (JP). 鹿野 昌弘 (SHIKANO, Masahiro) [JP/JP]; 〒563-8577 大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行政法人産業技術総合研究所 関西センター内 Osaka (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-80258 2002 年 3 月 22 日 (22.03.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND (74) 代理人: 三枝 英二, 外 (SAEGUSA, Eiji et al.); 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-7-1 北浜 T N K ビル Osaka (JP).

[続葉有]

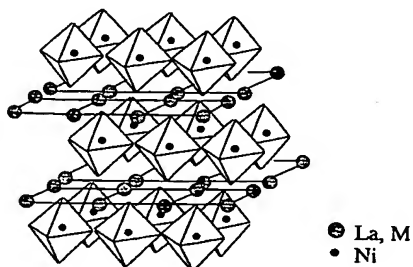
(54) Title: DOUBLE OXIDE WITH n TYPE THERMOELECTRIC CHARACTERISTICS

(54) 発明の名称: n 型熱電特性を有する複合酸化物



A LaNiO<sub>3</sub> 構造  
(実施例 1~55)

(57) Abstract: A double oxide whose composition is represented by the general formula:  $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{NiO}_{2.7-3.3}$  (wherein M is at least one element selected from the group consisting of Na, K, Li, Zn, Pb, Ba, Ca, Al, Nd, Bi and Y; and  $0.01 \leq x \leq 0.8$ ) or the general formula:  $(\text{La}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{NiO}_{3.6-4.4}$  (wherein M and x are as defined above), the double oxide having a negative Seebeck coefficient at 100°C or higher. This double oxide is a novel material capable of exhibiting superior performance as an n type thermoelectric transduction material.



B La<sub>2</sub>NiO<sub>4</sub> 構造  
(実施例 56~110)

A...LANIO3 STRUCTURE (EXAMPLES 1-55)  
B...LA2NIO4 STRUCTURE (EXAMPLES 56-110)

[続葉有]

WO 03/081686 A1



(81) 指定国 (国内): CN, KR, RU, US.

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明は、一般式： $La_{1-x}MxNiO_{2.7\sim 3.3}$ （式中、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.01 \leq x \leq 0.8$ である。）で表される組成、又は一般式： $(La_{1-x}Mx)_2NiO_{3.6\sim 4.4}$ （式中、Mは及びxは上位に同じ）で表される組成を有し、 $100^{\circ}\text{C}$ 以上の温度で負のゼーベック係数を有する複合酸化物を提供するものである。該複合酸化物は、n型熱電変換材料として優れた性能を有する新規な材料である。

## 明 細 書

## n 型熱電特性を有する複合酸化物

技 術 分 野

本発明は、n 型熱電変換材料として優れた性能を有する複合酸化物及び該複合  
5 酸化物を用いた n 型熱電変換材料に関する。

背 景 技 術

我が国では、一次供給エネルギーからの有効なエネルギーの得率は 30 % 程度  
に過ぎず、約 70 % ものエネルギーを最終的には熱として大気中に廃棄している。  
また、工場やごみ焼却場などにおいて燃焼により生じる熱も他のエネルギーに変  
10 換されることなく大気中に廃棄されている。このように、我々人類は非常に多くの  
熱エネルギーを無駄に廃棄しており、化石エネルギーの燃焼等の行為から僅かな  
エネルギーしか獲得していない。

エネルギーの得率を向上させるためには、大気中に廃棄されている熱エネルギー  
を利用できるようにすることが有効である。そのためには熱エネルギーを直接電  
15 気エネルギーに変換する熱電変換は有効な手段である。この熱電変換とは、ゼー  
バック効果を利用したものであり、熱電変換材料の両端で温度差をつけることで  
電位差を生じさせて発電を行うエネルギー変換法である。この熱電発電では、熱  
電変換材料の一端を廃熱により生じた高温部に配置し、もう一端を大気中（室  
温）に配置して、それぞれの両端に導線を接続するだけで電気が得られ、一般の  
20 発電に必要なモーターやタービン等の可動装置は全く必要ない。このためコスト  
も安く、燃焼等によるガスの排出も無く、熱電変換材料が劣化するまで継続的に  
発電を行うことができる。

このように、熱電発電は今後心配されるエネルギー問題の解決の一端を担う技  
術として期待されているが、熱電発電を実現するためには、高い熱電変換効率を  
25 有し、耐熱性、化学的耐久性等に優れた熱電変換材料を大量に供給することが必  
要となる。

これまでに、高温の空气中で優れた熱電性能を示す物質として  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$   
等の  $\text{CoO}_2$  系層状酸化物が報告されている。しかしながら、これらの酸化物は、  
全て p 型の熱電特性を有するものであり、ゼーバック係数が正の値を示す材料、

即ち、高温側に位置する部分が低電位部となる材料である。

熱電変換作用を利用した熱電発電モジュールを組み立てる場合には、通常、p型熱電変換材料の他に、n型熱電発電材料が必要となる。しかしながら、これまでに、耐熱性、化学的耐久性等に優れ、高い熱電変換効率を有するn型熱電変換材料は見出されておらず、このため廃熱を利用した熱電発は未だ実用化されるには至っていない。

そこで、毒性が少なく、存在量の多い元素により構成され、耐熱性、化学的耐久性等に優れ、しかも高い熱電変換効率を有するn型熱電変換材料の開発が期待されている。

10

### 発明の開示

本発明は、上記した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、n型熱電変換材料として優れた性能を有する新規な材料を提供することである。

本発明者は、上記した課題を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、La、Ni及びOを必須元素として含み、その一部が特定の元素で置換された特定組成の複合酸化物が、負のゼーベック係数を有するものであり、しかも、電気抵抗値が低く、n型熱電変換材料として優れた特性を有するものであることを見出し、ここに本発明を完成するに至った。

即ち、本発明は、下記の複合酸化物、及び該複合酸化物を用いたn型熱電変換材料を提供するものである。

1. 一般式： $La_{1-x}M_xNiO_{2.7\sim 3.3}$ （式中、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.01 \leq x \leq 0.8$ である。）で表される組成を有し、100℃以上の温度で負のゼーベック係数を有する複合酸化物。
2. 一般式： $La_{1-x}M_xNiO_{2.7\sim 3.3}$ （式中、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.01 \leq x \leq 0.8$ である。）で表される組成を有し、100℃以上の温度で10mΩcm以下の電気抵抗率を有する複合酸化物。
3. 一般式： $(La_{1-x}M_x)_2NiO_{3.6\sim 4.4}$ （式中、Mは、Na、K、

Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.01 \leq x \leq 0.8$ である。)で表される組成を有し、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度で負のゼーベック係数を有する複合酸化物。

4. 一般式： $(\text{La}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{NiO}_{3.6\sim 4.4}$  (式中、Mは、Na、K、

5 Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.0 \leq x \leq 0.8$ である。)で表される組成を有し、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度で $10\text{m}\Omega\text{cm}$ 以下の電気抵抗率を有する複合酸化物。

5. 上記項1～4のいずれかに記載の複合酸化物からなるn型熱電変換材料。

10 6. 上記項5に記載のn型熱電変換材料を含む熱電発電モジュール。

本発明の複合酸化物は、一般式： $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{NiO}_{2.7\sim 3.3}$ で表される組成を有する複合酸化物 (以下、「複合酸化物1」という)、又は

一般式： $(\text{La}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{NiO}_{3.6\sim 4.4}$ で表される組成を有する酸化物

15 (以下、「複合酸化物2」という)である。上記複合酸化物1及び複合酸化物2では、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、xは、 $0.01$ 以上、 $0.8$ 以下の値である。

上記した複合酸化物1及び複合酸化物2は、いずれも、負のゼーベック係数を  
20 有するものであり、該酸化物からなる材料の両端に温度差を生じさせた場合に、熱起電力により生じる電位は、高温側の方が低温側に比べて高くなり、n型熱電変換材料としての特性を示すものである。具体的には、上記複合酸化物1及び複合酸化物2は、いずれも $100^\circ\text{C}$ 以上の温度において負のゼーベック係数を有し、例えば、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度で $-1 \sim -20\mu\text{VK}^{-1}$ 程度のゼーベック係数を  
25 有するものとなる。

更に、上記複合酸化物1及び複合酸化物2は、電気伝導性がよく、低い電気抵抗率を示し、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度において、 $10\text{m}\Omega\text{cm}$ 以下の電気抵抗率である。

上記した複合酸化物1の中で、後述する実施例1で得られた複合酸化物のX線

回折パターンを図1に示し、更に、複合酸化物2の中で、後述する実施例56で得られた複合酸化物のX線回折パターンも図1に示す。

これらのX線回折パターンから、不純物の存在が多少観察されるものの、複合酸化物1は、ペロブスカイト型の結晶構造を有するものであり、複合酸化物2は、  
5 ペロブスカイトの関連物質である、いわゆる層状ペロブスカイト型構造を有するものであることが認められる。

図2に、複合酸化物1と複合酸化物2の結晶構造の模式図を示す。図2に示すように、複合酸化物1は、ペロブスカイト型の $\text{LaNiO}_3$ 構造を有し、Laサイトの一部がMによって置換されたものであり、複合酸化物2は、層状ペロブスカイト型の $\text{La}_2\text{NiO}_4$ 構造を有し、Laサイトの一部がMによって置換されたものである。  
10

上記複合酸化物1及び複合酸化物2は、目的とする複合酸化物の金属成分比率と同様の金属成分比率となるように原料物質を混合し、焼成することによって製造することができる。即ち、上記一般式： $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{NiO}_{2.7\sim 3.3}$ （式中、  
15 M及びxは上記に同じ）又は一般式： $(\text{La}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{NiO}_{3.6\sim 4.4}$ （式中、M及びxは上記に同じ）におけるLa、M及びNiの金属成分比率となるように原料物質を混合し、焼成することにより、目的とする複合酸化物を得ることができる。

原料物質としては、焼成により酸化物を形成し得るものであれば特に限定されず、金属単体、酸化物、各種化合物（炭酸塩等）等を使用できる。例えば、La  
20 源としては、酸化ランタン（ $\text{La}_2\text{O}_3$ ）、炭酸ランタン（ $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$ ）、硝酸ランタン（ $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ ）、塩化ランタン（ $\text{LaCl}_3$ ）、水酸化ランタン（ $\text{La}(\text{OH})_3$ ）、アルコキシド化合物（ジメトキシランタン（ $\text{La}(\text{OCH}_3)_3$ ）、ジエトキシランタン（ $\text{La}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ ）、ジプロポキシ  
25 ランタン（ $\text{La}(\text{OC}_3\text{H}_7)_3$ ）等）等を使用でき、Ni源としては、酸化ニッケル（ $\text{NiO}$ ）、硝酸ニッケル（ $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ）、塩化ニッケル（ $\text{NiCl}_2$ ）、水酸化ニッケル（ $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ）、アルコキシド化合物（ジメトキシニッケル（ $\text{Ni}(\text{OCH}_3)_2$ ）、ジエトキシニッケル（ $\text{Ni}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$ ）、ジプロポキシニッケル（ $\text{Ni}(\text{OC}_3\text{H}_7)_2$ ）等）等を使用できる。その他の

元素についても同様に酸化物、塩化物、炭酸塩、硝酸塩、水酸化物、アルコキシド化合物等を用いることができる。また本発明の複合酸化物の構成元素を二種以上含む化合物を使用してもよい。

5 焼成温度及び焼成時間については、目的とする複合酸化物が形成される条件とすればよく、特に限定されないが、例えば、850～1000℃程度の温度範囲において、20時間～40時間程度焼成すればよい。尚、原料物質として炭酸塩や有機化合物等を用いる場合には、焼成する前に予め仮焼して原料物質を分解させた後、焼成して目的の複合酸化物を形成することが好ましい。例えば、原料物質として、炭酸塩を用いる場合には、600～800℃程度で10時間程度仮焼  
10 した後、上記した条件で焼成すればよい。

焼成手段は特に限定されず、電気加熱炉、ガス加熱炉等任意の手段を採用できる。焼成雰囲気は、通常、酸素気流中、空気中等の酸化性雰囲気中とすればよいが、原料物質が十分量の酸素を含む場合には、例えば、不活性雰囲気中で焼成することも可能である。

15 生成する複合酸化物中の酸素量は、焼成時の酸素分圧、焼成温度、焼成時間等により制御することができ、酸素分圧が高い程、上記一般式における酸素比率を高くすることができる。

この様にして得られる本発明の複合酸化物1及び複合酸化物2は、いずれも、負のゼーベック係数を有し、且つ100℃以上の温度で10mΩcm以下という  
20 低い電気抵抗率を有するものであり、n型熱電変換材料として優れた熱電変換性能を発揮できる。更に、該複合酸化物は、耐熱性、化学的耐久性等が良好であって、毒性の少ない元素により構成されており、熱電変換材料として実用性の高いものである。

本発明の複合酸化物1及び複合酸化物2は、上記した特性を利用して、空気中  
25 において高温で用いるn型熱電変換材料として有効に利用することができる。

本発明の複合酸化物からなる熱電変換材料をn型熱電変換素子として用いた熱電発電モジュールの一例の模式図を図3に示す。該熱電発電モジュールの構造は、公知の熱電発電モジュールと同様であり、高温部用基板、低温部用基板、p型熱電変換材料、n型熱電変換材料、電極、導線等により構成される熱電発電モジュ

ールであり、本発明の複合酸化物はn型熱電変換材料として使用される。

以上の通り、本発明の複合酸化物は、負のゼーベック係数と低い電気抵抗率を有し、更に、耐熱性、化学的耐久性などにも優れた複合酸化物である。

5 該複合酸化物は、この様な特性を利用して、従来の金属間化合物では不可能であった、高温の空气中で用いるn型熱電変換材料として有効に利用することができる。よって、該複合酸化物を熱電発電モジュールのn型熱電変換素子としてシステム中に組み込むことにより、これまで大気中に廃棄されていた熱エネルギーを有効に利用することが可能となる。

#### 図面の簡単な説明

10 図1は、実施例1及び実施例56で得られた複合酸化物のX線回折パターンを示す図面である。図2は、複合酸化物1及び複合酸化物2の結晶構造を模式的に示す図面である。図3は、本発明の複合酸化物を熱電変換材料として用いた熱電発電モジュールの模式図である。図4は、実施例1で得られた複合酸化物焼結体のゼーベック係数の温度依存性を示すグラフである。図5は、実施例1で得られた  
15 複合酸化物焼結体の電気抵抗率の温度依存性を示すグラフである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、実施例を挙げて本発明を更に詳細に説明する。

##### 実施例1

20 La源として炭酸ランタン ( $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$ )、Ni源として酸化ニッケル ( $\text{NiO}$ ) 及びK源として炭酸カリウム ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) を用い、La : Ni : K (元素比) = 0.8 : 1.0 : 0.2となる様に原料物質を十分に混合した後、アルミナルツボに入れ、電気炉を用いて空气中で600℃、10時間仮焼して、炭酸塩を分解した。この仮焼物を粉碎し、加圧成形後、酸素気流中で920℃で40時間焼成して複合酸化物を合成した。

25 得られた複合酸化物は、組成式： $\text{La}_{0.8}\text{K}_{0.2}\text{NiO}_{3.2}$ で表されるものであった。

得られた複合酸化物の100℃～700℃におけるゼーベック係数 (S) の温度依存性を示すグラフを図4に示す。図4から、この複合酸化物が、100℃以上の温度において負のゼーベック係数を有するものであり、高温側が高電位とな



るn型材料であることが確認できた。

なお、以下の全ての実施例においても、ゼーベック係数は、100℃以上において、負の値であり、実施例1と同様に、温度の上昇とともに低下する傾向が示された。

- 5       また、該複合酸化物について、電気抵抗率の温度依存性を示すグラフを図5に示す。図5から、該複合酸化物の電気抵抗率は、100～700℃の全ての範囲において、10mΩcm以下という低い値であることが判る。

#### 実施例2～110

- 10       下記表1～表4に示すLa:M:Niの元素比となるように原料物質を混合して、実施例1と同様にして、複合酸化物を合成した。

- 原料物質としては、実施例1で用いた原料以外に、Na源としては炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )、Li源としては炭酸リチウム( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )、Zn源としては酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )、Pb源としては酸化鉛( $\text{PbO}$ )、Ba源としては炭酸バリウム( $\text{BaCO}_3$ )、Ca源としては炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )、Al源としては酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、Nd源としては酸化ネオジウム( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ )、Bi源としては酸化ビスマス( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ )、Y源としては酸化イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )を用いた。
- 15

焼成温度については、目的とする複合酸化物に応じて、850～920℃の範囲で設定した。

- 20       得られた複合酸化物の中で、実施例1～55の複合酸化物は、ペロブスカイト型の $\text{LaNiO}_3$ 構造を有し、Laサイトの一部がMによって置換されたものであり、実施例56～110の複合酸化物は、層状ペロブスカイト型の $\text{La}_2\text{NiO}_4$ 構造を有し、Laサイトの一部がMによって置換されたものであった。

- 25       下記表1～表4に、得られた複合酸化物における各元素の元素比、700℃におけるゼーベック係数及び700℃における電気抵抗率を示す。

表 1

一般式 :  $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{NiO}_y$ 

No.	M	La:M:Ni:O	ゼーベック係数 700 °C ( $\mu\text{VK}^{-1}$ )	電気抵抗率 700 °C ( $\text{m}\Omega \text{ cm}$ )
1	K	0.8 : 0.2 : 1 : 3.2	-10	8
2	K	0.95 : 0.05 : 1 : 3.3	-8	5
3	K	0.9 : 0.1 : 1 : 3.2	-5	7
4	K	0.5 : 0.5 : 1 : 3.1	-4	4
5	K	0.2 : 0.8 : 1 : 3.3	-3	4
6	Na	0.99 : 0.01 : 1 : 3.2	-7	7
7	Na	0.95 : 0.05 : 1 : 3	-7	5
8	Na	0.9 : 0.1 : 1 : 2.9	-3	8
9	Na	0.5 : 0.5 : 1 : 3.0	-12	4
10	Na	0.2 : 0.8 : 1 : 2.8	-5	6
11	Li	0.99 : 0.01 : 1 : 3.1	-18	8
12	Li	0.95 : 0.05 : 1 : 3.2	-10	9
13	Li	0.9 : 0.1 : 1 : 2.8	-5	7
14	Li	0.5 : 0.5 : 1 : 2.7	-8	4
15	Li	0.2 : 0.8 : 1 : 3.1	-3	7
16	Zn	0.99 : 0.01 : 1 : 2.8	-7	8
17	Zn	0.95 : 0.05 : 1 : 3.2	-8	5
18	Zn	0.9 : 0.1 : 1 : 2.7	-5	6
19	Zn	0.5 : 0.5 : 1 : 3.3	-8	4
20	Zn	0.2 : 0.8 : 1 : 3.2	-3	5
21	Pb	0.99 : 0.01 : 1 : 3.0	-10	8
22	Pb	0.95 : 0.05 : 1 : 2.9	-9	5
23	Pb	0.9 : 0.1 : 1 : 3.1	-5	3
24	Pb	0.5 : 0.5 : 1 : 3.0	-7	4
25	Pb	0.2 : 0.8 : 1 : 2.8	-2	9
26	Ba	0.99 : 0.01 : 1 : 3.2	-11	8
27	Ba	0.95 : 0.05 : 1 : 3.3	-7	5
28	Ba	0.9 : 0.1 : 1 : 3.1	-5	6

表 2

一般式:  $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{NiO}_y$ 

No.	M	La:M:Ni:O	ゼーベック係数 700℃ ( $\mu\text{VK}^{-1}$ )	電気抵抗率 700℃ ( $\text{m}\Omega\text{ cm}$ )
29	Ba	0.5 : 0.5 : 1 : 2.8	-4	4
30	Ba	0.2 : 0.8 : 1 : 2.9	-3	3
31	Ca	0.99 : 0.01 : 1 : 3.1	-12	8
32	Ca	0.95 : 0.05 : 1 : 3.0	-8	6
33	Ca	0.9 : 0.1 : 1 : 3.3	-6	7
34	Ca	0.5 : 0.5 : 1 : 3.2	-4	4
35	Ca	0.2 : 0.8 : 1 : 2.8	-7	7
36	Al	0.99 : 0.01 : 1 : 3.2	-10	8
37	Al	0.95 : 0.05 : 1 : 2.9	-8	5
38	Al	0.9 : 0.1 : 1 : 3.1	-8	7
39	Al	0.5 : 0.5 : 1 : 3.0	-6	4
40	Al	0.2 : 0.8 : 1 : 3.3	-5	6
41	Nd	0.99 : 0.01 : 1 : 2.9	-12	8
42	Nd	0.95 : 0.05 : 1 : 2.9	-9	7
43	Nd	0.9 : 0.1 : 1 : 3.1	-5	6
44	Nd	0.5 : 0.5 : 1 : 2.8	-4	4
45	Nd	0.2 : 0.8 : 1 : 3.1	-3	4
46	Bi	0.99 : 0.01 : 1 : 3.2	-10	8
47	Bi	0.95 : 0.05 : 1 : 3.0	-8	3
48	Bi	0.9 : 0.1 : 1 : 2.8	-7	7
49	Bi	0.5 : 0.5 : 1 : 2.9	-4	5
50	Bi	0.2 : 0.8 : 1 : 3.0	-4	4
51	Y	0.99 : 0.01 : 1 : 3.2	-10	9
52	Y	0.95 : 0.05 : 1 : 3.3	-8	5
53	Y	0.9 : 0.1 : 1 : 3.2	-5	4
54	Y	0.5 : 0.5 : 1 : 3.0	-8	4
55	Y	0.2 : 0.8 : 1 : 2.8	-3	2

表 3

一般式:  $(La_{1-x}M_x)_2NiO_y$ 

No.	M	La:M:Ni:O	ゼーベック係数 700℃ ( $\mu\text{VK}^{-1}$ )	電気抵抗率 700℃ ( $\text{m}\Omega\text{cm}$ )
56	Na	1.98 : 0.02 : 1 : 3.7	-11	9
57	Na	1.9 : 0.1 : 1 : 3.9	-8	7
58	Na	1.8 : 0.2 : 1 : 3.8	-4	7
59	Na	1 : 1 : 1 : 3.8	-7	6
60	Na	0.4 : 1.6 : 1 : 4.0	-3	4
61	K	1.98 : 0.02 : 1 : 3.9	-9	8
62	K	1.9 : 0.1 : 1 : 4.1	-8	9
63	K	1.8 : 0.2 : 1 : 3.6	-6	7
64	K	1 : 1 : 1 : 3.7	-4	7
65	K	0.4 : 1.6 : 1 : 4.2	-5	8
66	Li	1.98 : 0.02 : 1 : 4.4	-11	8
67	Li	1.9 : 0.1 : 1 : 3.8	-8	5
68	Li	1.8 : 0.2 : 1 : 3.7	-9	7
69	Li	1 : 1 : 1 : 3.8	-4	5
70	Li	0.4 : 1.6 : 1 : 4.1	-5	4
71	Zn	1.98 : 0.02 : 1 : 4.2	-10	8
72	Zn	1.9 : 0.1 : 1 : 4.0	-7	7
73	Zn	1.8 : 0.2 : 1 : 3.9	-5	7
74	Zn	1 : 1 : 1 : 3.8	-4	4
75	Zn	0.4 : 1.6 : 1 : 4.1	-9	9
76	Pb	1.98 : 0.02 : 1 : 4.2	-10	8
77	Pb	1.9 : 0.1 : 1 : 3.7	-11	7
78	Pb	1.8 : 0.2 : 1 : 3.9	-5	7
79	Pb	1 : 1 : 1 : 3.8	-5	4
80	Pb	0.4 : 1.6 : 1 : 4.2	-3	4
81	Ba	1.98 : 0.02 : 1 : 4.3	-6	8
82	Ba	1.9 : 0.1 : 1 : 4.2	-8	6
83	Ba	1.8 : 0.2 : 1 : 4.4	-12	7

表 4

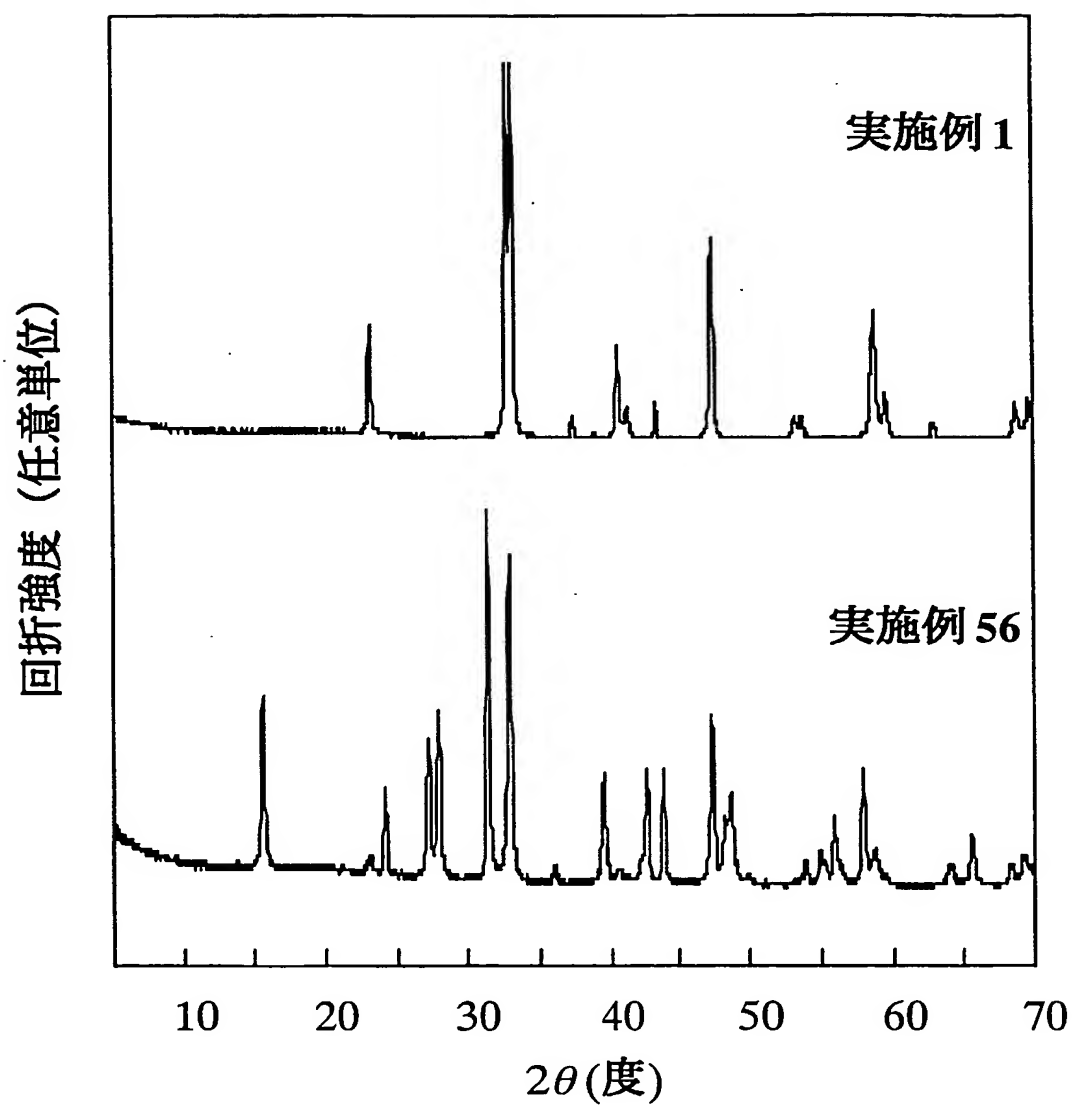
一般式：(La<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>)<sub>2</sub>NiO<sub>y</sub>

No.	M	La:M:Ni:O	ゼーベック係数 700℃ ( $\mu\text{VK}^{-1}$ )	電気抵抗率 700℃ ( $\text{m}\Omega\text{cm}$ )
84	Ba	1 : 1 : 1 : 3.9	-4	4
85	Ba	0.4 : 1.6 : 1 : 3.8	-16	4
86	Ca	1.98 : 0.02 : 1 : 3.9	-10	8
87	Ca	1.9 : 0.1 : 1 : 4.1	-3	9
88	Ca	1.8 : 0.2 : 1 : 4.2	-5	7
89	Ca	1 : 1 : 1 : 4.3	-7	4
90	Ca	0.4 : 1.6 : 1 : 4.0	-3	8
91	Al	1.98 : 0.02 : 1 : 3.9	-10	8
92	Al	1.9 : 0.1 : 1 : 3.8	-6	5
93	Al	1.8 : 0.2 : 1 : 4.0	-5	7
94	Al	1 : 1 : 1 : 4.1	-4	6
95	Al	0.4 : 1.6 : 1 : 3.8	-4	4
96	Nd	1.98 : 0.02 : 1 : 4.0	-10	8
97	Nd	1.9 : 0.1 : 1 : 3.9	-12	7
98	Nd	1.8 : 0.2 : 1 : 3.7	-5	7
99	Nd	1 : 1 : 1 : 4.2	-4	8
100	Nd	0.4 : 1.6 : 1 : 3.8	-4	4
101	Bi	1.98 : 0.02 : 1 : 4.1	-13	8
102	Bi	1.9 : 0.1 : 1 : 4.0	-4	6
103	Bi	1.8 : 0.2 : 1 : 4.2	-5	7
104	Bi	1 : 1 : 1 : 3.9	-9	8
105	Bi	0.4 : 1.6 : 1 : 4.3	-3	4
106	Y	1.98 : 0.02 : 1 : 4.0	-10	8
107	Y	1.9 : 0.1 : 1 : 4.1	-8	5
108	Y	1.8 : 0.2 : 1 : 3.9	-7	7
109	Y	1 : 1 : 1 : 4.0	-4	4
110	Y	0.4 : 1.6 : 1 : 4.1	-5	9

## 請求の範囲

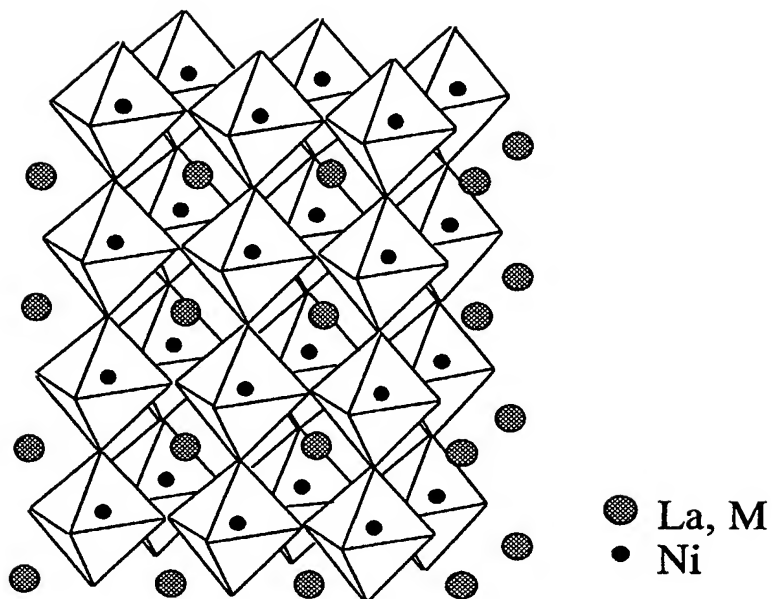
1. 一般式： $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{NiO}_{2.7\sim 3.3}$ （式中、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.01 \leq x \leq 0.8$ である。）で表される組成を有し、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度で負のゼーベック係数を有する複合酸化物。  
5
2. 一般式： $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{NiO}_{2.7\sim 3.3}$ （式中、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.01 \leq x \leq 0.8$ である。）で表される組成を有し、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度で $10\text{m}\Omega\text{cm}$ 以下の電気抵抗率を有する複合酸化物。
- 10 3. 一般式： $(\text{La}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{NiO}_{3.6\sim 4.4}$ （式中、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.01 \leq x \leq 0.8$ である。）で表される組成を有し、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度で負のゼーベック係数を有する複合酸化物。
- 15 4. 一般式： $(\text{La}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{NiO}_{3.6\sim 4.4}$ （式中、Mは、Na、K、Li、Zn、Pb、Ba、Ca、Al、Nd、Bi及びYからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素であり、 $0.0 \leq x \leq 0.8$ である。）で表される組成を有し、 $100^\circ\text{C}$ 以上の温度で $10\text{m}\Omega\text{cm}$ 以下の電気抵抗率を有する複合酸化物。
5. 請求項1～4のいずれかに記載の複合酸化物からなるn型熱電変換材料。
- 20 6. 請求項5に記載のn型熱電変換材料を含む熱電発電モジュール。

図 1

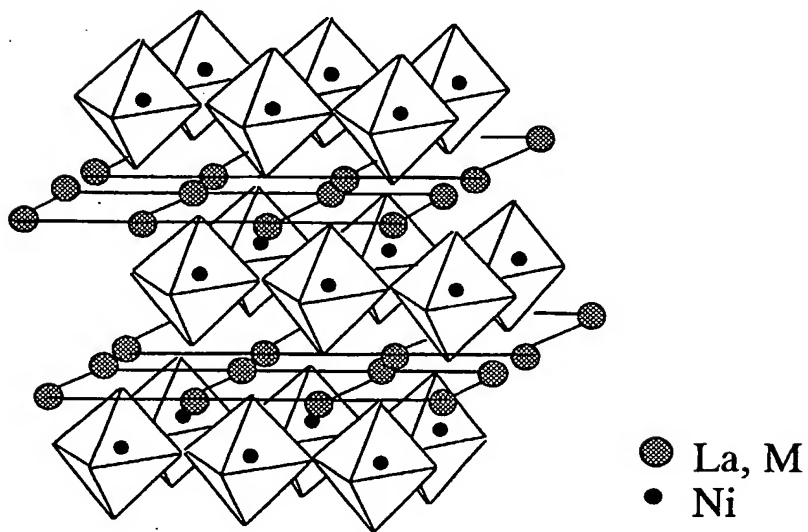


2 / 5

図 2



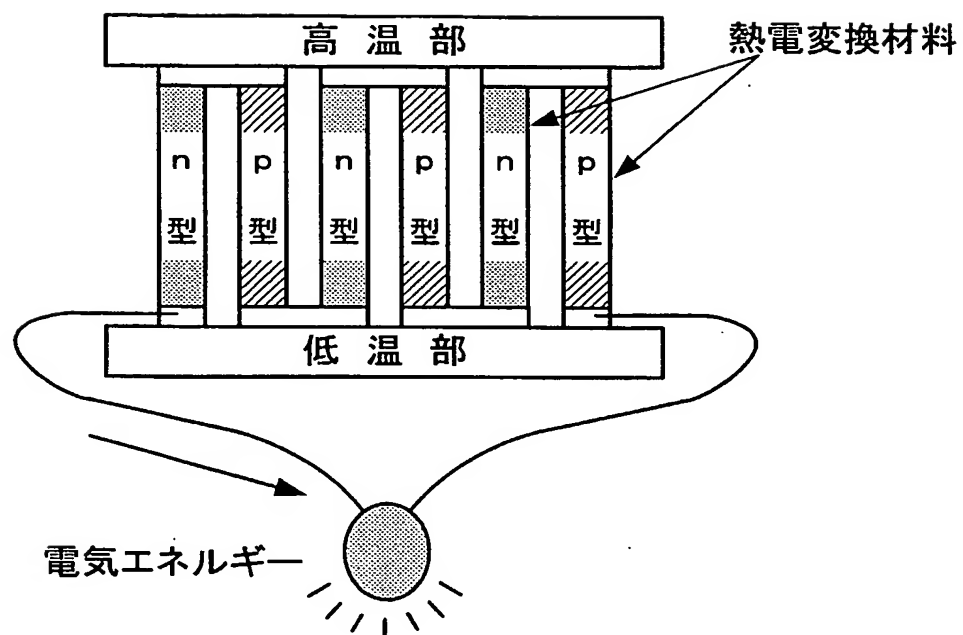
LaNiO<sub>3</sub> 構造  
(実施例 1～55)



La<sub>2</sub>NiO<sub>4</sub> 構造  
(実施例 56～110)

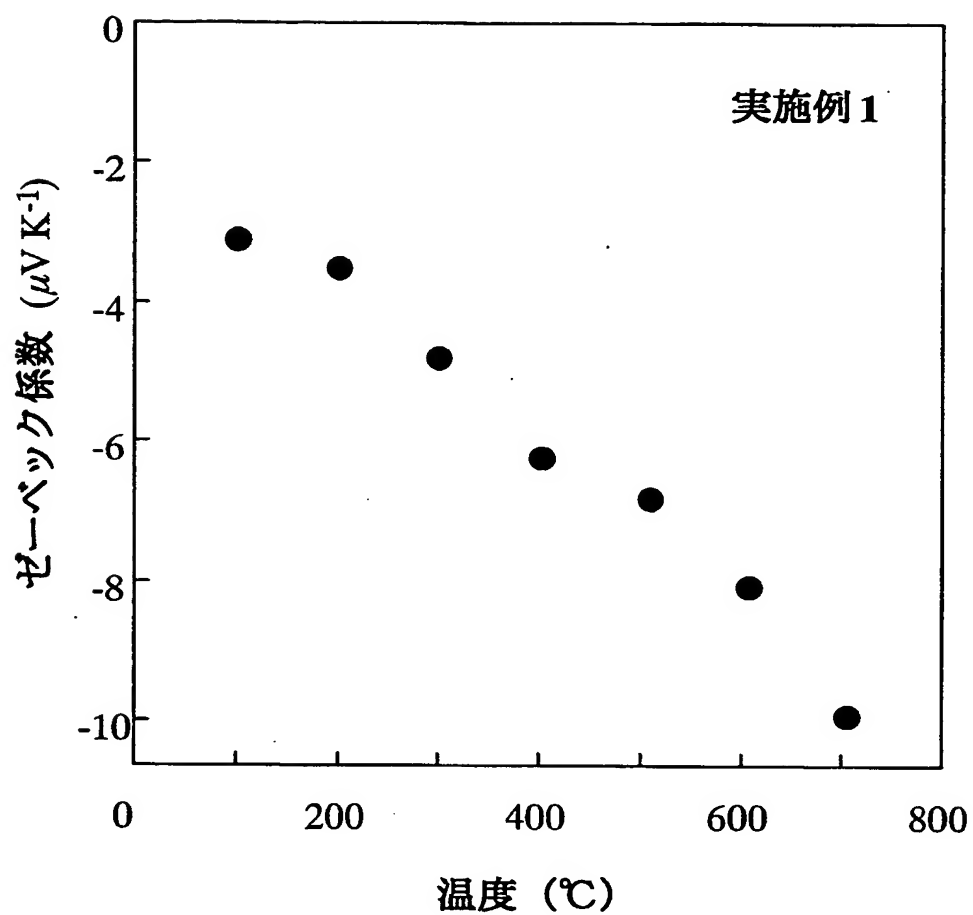


図 3



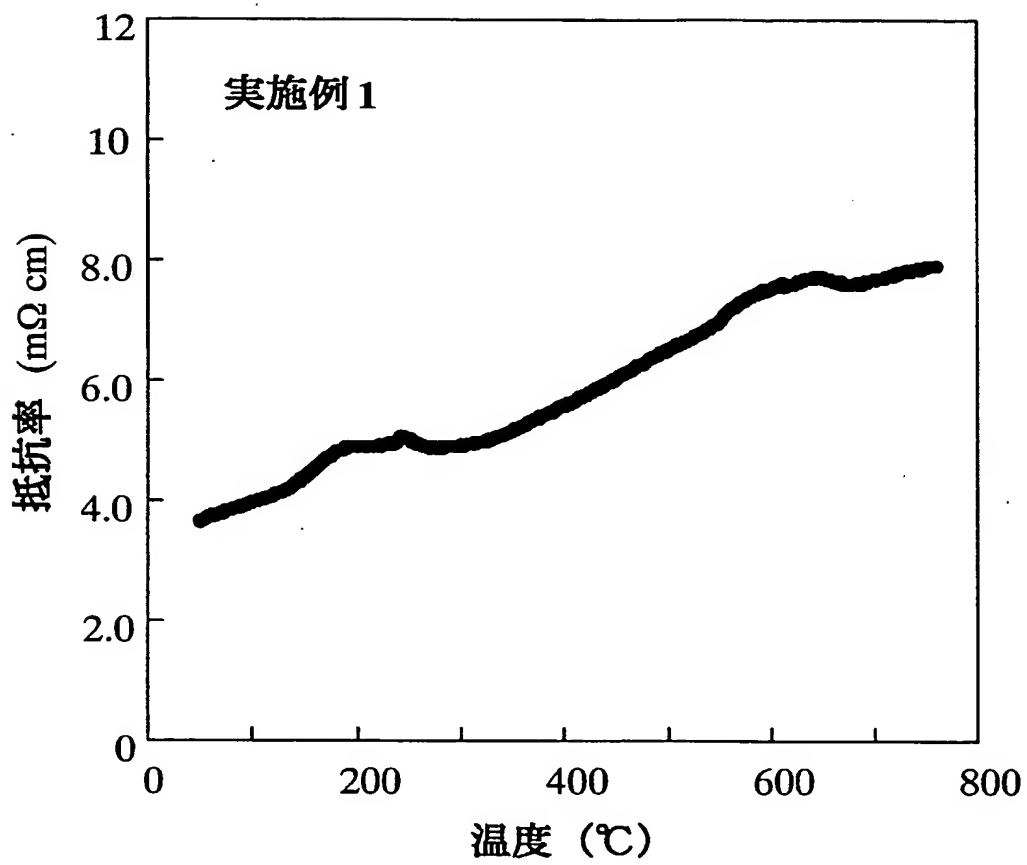
4 / 5

図 4



5 / 5

図 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/02827

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L35/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L35/22, B01J23/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-211971 A (Toyota Central Research And Development Laboratories, Inc.), 02 August, 2000 (02.08.00), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-6
A	US 2001/0016554 A1 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA), 23 August, 2001 (23.08.01), Full text; Figs. 1 to 5 & JP 2001-269578 A & EP 1118375 A2	1-6
A	JP 8-229355 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 September, 1996 (10.09.96), Full text (Family: none)	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 May, 2003 (28.05.03)Date of mailing of the international search report  
10 June, 2003 (10.06.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H01L35/22

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H01L35/22, B01J23/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-211971 A (株式会社豊田中央研究所) 2000.08.02, 全文, 図1-4 (ファミリーなし)	1-6
A	US 2001/0016554 A1 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 2001.08.23, 全文, 図1-5 & JP 2001-269578 A & EP 1118375 A2	1-6
A	JP 8-229355 A (日産自動車株式会社) 1996.09.10, 全文 (ファミリーなし)	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.05.03

国際調査報告の発送日

10.06.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小野田 誠

4L

8427

電話番号 03-3581-1101 内線 3462